

Exploring Quantum Many-Body Physics with Ultracold Atoms and Molecules

735. WE-Heraeus-Seminar

Ursprünglich war dieses Seminar vom 14. bis 18. Dezember im Physikzentrum in Bad Honnef geplant. Pandemiebedingt wurde kurzfristig umdisponiert, und es fand dank tatkräftiger Unterstützung der WE-Heraeus-Stiftung mit 120 Teilnehmern online via Zoom statt. Das wissenschaftliche Programm bestand aus 23 eingeladenen Vorträgen internationaler Experten, sechs Präsentationen engagierter Nachwuchswissenschaftler sowie 60 Kurzvorträgen, welche die Postersitzungen ersetzten. Die lebhaften Diskussionen nach diesen Vorträgen zeigten, dass viele Teilnehmer dankbar waren, sich nach langer Zeit wieder wissenschaftlich austauschen zu können. Doch das Angebot zu Gesprächen in den Pausen oder am Abend über die interaktive Onlineplattform *Wonder.me* wurde nur vereinzelt aufgegriffen.

Ein erstes wissenschaftliches Highlight bestand in mehreren Beiträgen zur Realisierung eines Supersolids bei Quantengasen aus magnetisch dipolaren Atomen. Ferner wurden jüngste Fortschritte bei der Erzeugung quantenentarteter heteronuklearer Moleküle vorgestellt, sodass sich der neue supersolide Aggregatzustand von Materie in Zukunft wohl auch mit starker elektrisch dipolarer Wechselwirkung realisieren lässt.

Ein weiterer Schwerpunkt galt der Nichtgleichgewichtsdynamik von Quantengasen. So wurde anhand wechselwirkender Fermionen in einem eindimensionalen optischen Gitter diskutiert, dass bei Vielteilchen-Quantensystemen statt einer Thermalisierung auch ein Zusammenbruch der Ergodizität vorliegen kann. Ferner bildet sich bei kontinuierlich getriebenen Quantensystemen unter Umständen eine universelle Dynamik aus. Auch Vielteilcheninterferenzen und Korrelationen wechselwirkender Bosonen spielten eine Rolle.

Weitere Forschungsrichtungen wurden lebhaft im Plenum diskutiert. Paradoxerweise lässt sich ein Nichtgleichgewichtsphasenübergang vom Normal- zum Superfluid sogar schon mit wenigen Teilchen nachweisen. Ferner werden flache Energiebänder bei Gittersystemen realisiert. Weiterhin kann ein Algorithmus des maschinellen Lernens selbstständig topologische Phasenübergänge von ultrakalten Atomen anhand experimenteller Daten explorativ erkennen. Zudem wurde vom ersten Bose-Einstein-Kondensat auf der ISS berichtet, das nach Abschalten der magnetischen Falle deutlich stabiler ist als auf der Erde. Künftig ist mithilfe von Blasenfallen im Orbit geplant, Quantengase auch auf gekrümmten Flächen zu realisieren.

Priv.-Doz. Dr. Axel Pelster, TU Kaiserslautern,
Prof. Carlos Sà de Melo, GATECH Atlanta, USA

Magnetism at the Nanoscale: Imaging – Fabrication – Physics

736. WE-Heraeus-Seminar

Die Entwicklung größerer Speicher und schnellerer Datenverarbeitungsmöglichkeiten erfordert neue technologische Ansätze. Funktionale magnetische Materialien haben dabei großes Potenzial. Der technologische Fortschritt hierbei hängt wesentlich von der Herstellung und Charakterisierung der Materialien und dem Verständnis physikalischer Prozesse auf kurzen Zeitskalen und Nanometer-Längenskalen ab.

Vom 6. bis 8. Januar wurden aktuelle Fortschritte dieses Forschungsfeldes im Rahmen eines virtuellen Seminars diskutiert. Um den kommunikativen Charakter zu erhalten, der für die WE-Heraeus-Seminare typisch ist, kam die digitale Konferenzplattform *MeetAnyWay* zum Einsatz, die neben der Übertragung von Vorträgen auch virtuelle Postersitzungen und Möglichkeiten zum direkten Austausch bietet. Mit mehr als hundert Teilnehmern stieß dieses Format auf sehr gute Resonanz.

Den ersten Schwerpunkt bildete die Erforschung neuer nanomagnetischer Materialien. Von besonderem Interesse sind dabei Materialien, die chirale magnetische Texturen bei Raumtemperatur stabilisieren können. Hierbei entsteht Chiralität in asymmetrischen Heterostrukturen oder an gekrümmten Flächen. Auch bei den Posterbeiträgen stießen gekrümmte und dreidimensionale Strukturen auf hohes Interesse.

Hochauflösende Bildgebungsverfahren spielen für den Nanomagnetismus eine zentrale Rolle. Präsentiert wurden technische Fortschritte bei den laborbasierten Rasterverfahren (MFM, STM, NV-Mikroskopie), die zu höherer Sensitivität führen (z. B. Messungen an Antiferromagneten), die präzise quantitative Messungen der Magnetisierung oder lokale Spinwellen-Spektroskopie ermöglichen. Die Röntgenmikroskopie hat sich in den letzten Jahren zum wichtigsten Werkzeug für die zeitaufgelöste Abbildung mobiler Spinstrukturen entwickelt und hat nun mit 3D-Aufnahmen des Magnetisierungsfeldes eine neue technische Revolution erlebt.

Den Abschluss bildeten Beiträge zu ultraschnellen Magnetisierungsprozessen. Hier standen experimentelle Nachweise des kürzlich vorhergesagten OISTR-Prozesses (optically induced intersite spin transfer) im Mittelpunkt.

Wir bedanken uns bei allen Teilnehmern für die rege Mitwirkung und bei der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die finanzielle und organisatorische Unterstützung.

Dr. Jakob Walowski, U Greifswald,
Dr. Felix Büttner, Helmholtz-Zentrum Berlin,
Dr. Bastian Pfau, Max-Born-Institut Berlin

Advances in Scalable Hardware Platforms for Quantum Computing

737. WE-Heraeus-Seminar

Quantenrechner versprechen, eine Vielzahl bislang nicht berechenbarer Probleme effizient zu lösen. Dieses Seminar brachte vom 10. bis 13. Januar führende Wissenschaftler aus Universitäten und Industrie zusammen, die mit unterschiedlichen Qubit-Implementierungen an skalierbaren Quantensystemen forschen. Statt im Physikzentrum fand das Seminar virtuell statt, wobei die Plattform *MeetAnyWay* einen idealen Rahmen für Diskussionen bot.

Der Hauptfokus lag auf den drei Plattformen: gefangene Ionen, supraleitende Qubits und Spin-Qubits in Quantenpunkten. Anhand Ionen-basierter Quantensysteme wurde auf die Wichtigkeit skalierbarer Charakterisierungsmethoden für den zuverlässigen Betrieb eines Quantencomputers hingewiesen, zudem wurden Fehlerkorrekturalgorithmen und Mikrowellengatter mit hoher Güte präsentiert. Auch wurde die Verschränkung von weit entfernten Ionen zur besseren Skalierung diskutiert.

Bei den Plattformen mit inzwischen bis zu 50 (!) supraleitenden Qubits gelang es, erste Anzeichen eines Quantenvorteils anhand eines Zufallsalgorithmus sowie die Stabilität eines logischen Qubits zu zeigen. Experimente zur Störung durch Materialdefekte oder die kosmische Höhenstrahlung weisen den Weg zu einer weiteren Verbesserung.

Zu den auf klassischer Siliziumtechnologie basierten Spin-Qubits wurden erste Resultate von mit herkömmlichen Fabrikationsprozessen hergestellten Chips gezeigt. Diese Systeme lassen sich ohne große Kohärenzverluste auch bei höheren Temperaturen betreiben, wie die Ergebnisse von Lochspin-Qubits bei 4,2 K zeigen.

Diese Einblicke in den Stand der Hardwaretechnologie ergänzte Charles Marcus (Kopenhagen und Microsoft) mit einem Überblick über den Entwicklungsstand von topologischen Quantensystemen. Zudem wurden theoretische Konzepte zur verbesserten Kontrolle der Quantensysteme vorgestellt, die Herausforderungen bei der Operation von Kontrollelektronik bei tiefen Temperaturen diskutiert sowie beeindruckende Weiterentwicklungen auf Ebene der Algorithmen gezeigt. Das Seminar verdeutlichte das stetig steigende Interesse an Quantencomputern und die großen Fortschritte. Wir danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die organisatorische Unterstützung und die Bereitstellung des virtuellen Tagungsraums.

Prof. Dr. Stefan Filipp, Walther-Meißner-Institut, Garching, **Dr. Andreas Fuhrer**, IBM Zürich, **Prof. Dr. Frank Wilhelm-Mauch**, U des Saarlandes, **Dr. Maud Vinet**, CEA-Grenoble, Frankreich